Beitrag zur Kenntniss des Zoisits.

Von **G. Tschermak** und **L. Sipöcz.**

(Mit 1 Tafel und 4 Holzschnitten.)

Als Descloizeaux einige der optischen Eigenschaften des Zoisits bestimmte und aus denselben auf ein rhombisches Krystallsystem schloss (1859), theilte er auch mehrere Winkel aus seinen und Miller's Messungen mit, welche am Zoisit aus Tirol und jenem aus Salzburg erhalten waren und mit der Annahme dieses Krystallsystems übereinstimmten, ohne aber die Form genauer zu charakterisiren.[1] Seitdem sind bis zur letzten Zeit keine vollständigeren krystallographischen Bestimmungen ausgeführt worden, was seinen Grund darin hat, dass der Zoisit, obwohl er ein in den krystallinischen Schiefern ziemlich häufig vorkommendes Mineral ist, doch nur selten Krystalle mit ausgebildeter Endigung zeigt. Im vorigen Jahre machte jedoch Brögger eine Anzahl Messungen bekannt, welche derselbe an dem rosenrothen Zoisit (Thulit) von Souland in Norwegen angestellt hatte.[2] Die Krystalle dieses Vorkommens unterscheiden sich von den amerikanischen und den alpinen Zoisiten durch das Auftreten domatischer Flächen, welche letzteren zu fehlen scheinen und welche Brögger mit *x* und *e* bezeichnete. Über die Form des amerikanischen Zoisits war durch J. Dana eine Andeutung gegeben worden, welcher einen Krystall aus Tennessee abbildete.[3]

Da eine vollständigere Beobachtung wünschenswerth erschien, so wurde eine Stufe aus Tennessee, welche ein vorzügliches Material versprach, zu einer krystallographischen und chemischen Untersuchung verwendet. Dieselbe besteht theils aus derbem, trübem, grünen Zoisit, theils aber aus durchsichtigen blass-

---

[1] Annales de Mines. T. XVI, série V.

[2] Zeitschr. f. Krystallographie. 3. Bd. (1879), p. 471.

[3] System of Mineralogy, 1874, pag. 290.

grünen glänzenden Krystallen desselben Minerales, welche von Kupferkies und schwarzer Blende umschlossen auf einer Seite jedoch aufgewachsen sind. Als Fundort werden die Gruben von Ducktown in Polk Cty. Tennessee angegeben, wo nach Dana die bezeichneten Minerale mit einander vorkommen.

Die Krystalle sind nach einer Richtung, welche als aufrechte Axe genommen wird, gestreckt, der Länge nach gewöhnlich stark gerieft und an dem freien Ende meist durch krumme und runzelige Flächen geschlossen. Auch die schönsten Krystalle zeigen öfters in der Zone des aufrechten Prisma einspringende Winkel, also Riefen und gehen an ihrem Ende nicht selten in mehrere stumpfe Enden aus, indem sich die abschliessenden Flächen wiederholen. In der Prismenzone zeigt sich zuweilen eine einseitige Ausbildung, indem die Längsfläche hier sehr stark, dort sehr schwach ausgebildet ist, so dass der Querschnitt der Krystalle öfters dreiseitig erscheint.

Unter den vielen freigelegten Krystallen waren einige zu genaueren Messungen brauchbar und einige der Flächen zeigten am Goniometer eine vollkommene Reflexion. Die beobachteten Flächen, für welche die von Brögger angewandte Signatur beibehalten wird, sind die folgenden:

$$a = (100),\ k = (310)\ \ q = (210)\ \ m = (110)\ \ r = (120)$$
$$t = (130)\ \ l = (140)\ \ b = (010)\ \ u = (021)\ \ d = (101)$$
$$o = (111)\ \ v = (121).$$

Die Flächen *m, b, t, o* sind oft vorwaltend ausgebildet, *b* ist die Fläche der vollkommenen Spaltbarkeit. Nach *a* lässt sich eine sehr unvollkommene Spaltbarkeit erkennen.

An zwei guten Krystallen, welche mit I und II bezeichnet sind, wurden von Herrn Dr. Becke solche Winkel genommen, welche für den rhombischen Charakter des Minerales entscheidend sind. Im Falle vollkommener Reflexion der Flächen ist das Resultat als sehr gut s. g. bezeichnet, während gut g. und mittelmässig m. die beiden übrigen Grade der Genauigkeit der Messung angeben.

		I	II
bm	$= 010:110 =$	58°16′ m.	
bm'	$= 010:\bar{1}10 =$	58°12·6 s. g.	

			I	II
mu	= 110 : 021	=	72° 35′ m.	
m′u	$\bar{1}10$ 021		72 41·7 sg.	72° 40′ g.
m‴u′	$\bar{1}\bar{1}0$ $0\bar{2}1$		. . . .	72 41 m.
mo″	110 $1\bar{1}1$		. . . .	75 59 g.
m″o	$1\bar{1}0$ 111		. . . .	75 59 g.
ao	100 111		62 25 m.	
a′o′	$\bar{1}00$ $\bar{1}11$		62 21 m.	
uo	021 111		31 19 m.	31 24 m.
uo′	021 $\bar{1}11$		31 24 g.	
u′o″	$0\bar{2}1$ $1\bar{1}1$		. . . .	31 22 m.
uu′	021 $0\bar{2}1$		. . . .	68 55 g.
uu′	berechnet aus *u b* = 55°31′2			68 57·6.

Aus den besten Messungen ist das Axenverhältniss

$$a : b : c = 0{\cdot}61963 : 1 : 0{\cdot}34295$$

abgeleitet, nach welchem die theoretischen Zahlen berechnet wurden. Diesen sind im Folgenden die Mittelzahlen der Messungen an den beiden Krystallen I u. II beigesetzt, während unter III die an einigen anderen Krystallen erhaltenen Zahlen angeführt sind:

		Berechnet	I	II	III
m′m	= $1\bar{1}0$: 110 =	63°34′	—	—	—
ak	= 100 : 310 =	11 40	—	—	11°32′ m.
kq	= 310 : 210 =	5 33	—	—	5 30 m.
qm	= 210 : 110 =	14 34	14°27′ m.	—	—
mr	= 110 : 120 =	19 19	—	—	19 15 g.
mt	= 110 : 130 =	29 56	29 56 m.	—	—
rt	= 120 : 130 =	10 37	—	—	10 40 m.
mb	= 110 : 010 =	58 13	58 12·6 s. g.	—	—
lb	= 140 : 010 =	21 58	—	—	22 0 g.
bv	= 010 : 121 =	59 2	—	—	59 0 g.
bo	= 010 : 111 =	73 18	—	—	73 10 g.
vo	= 121 : 111 =	14 16	—	—	14 20 g.
oo″	= 111 : $1\bar{1}1$ =	33 24	—	—	33 30 m.

	Berechnet	I	II	III
$mu = 110:021 =$	72°40′	72°41·7 s.g.	72°40′ g.	—
$mo = 110:111 =$	56 56	56 52 g.	—	—
$mo'' = 110:1\bar{1}1 =$	75 56	75 52 g.	75 59 g.	—
$ao = 100:111 =$	62 22	62 23 m.	—	—
$ad = 100:101 =$	61 2	—	—	61 15 m.
$ub = 021:010 =$	55 33	55 31 g.	55 31 g.	—
$uu' = 021:0\bar{2}1 =$	68 54	—	68 55 g.	—
$uo = 021:111 =$	31 23	31 22 g.	31 23 m.	—
$oo' = 111:\bar{1}11 =$	55 16	55 16 m.	55 14 g.	—

Die Figuren 1 und 2 auf beifolgender Tafel geben die Form der Krystalle I und II an, während die Figur 3 und 4 andere zur Messung benutzte Krystalle darstellen.

Die einseitige Ausbildung bezüglich der *b*-Axe, welche an manchen Krystallen beobachtet wird, ist eine bemerkenswerthe Erscheinung, obgleich Prismen mit vollkommen symmetrischem Querschnitte, aber ohne Endausbildung sehr gewöhnlich vorkommen.

In optischer Hinsicht verhalten sich die Krystalle ziemlich ungewöhnlich. Descloizeaux hat schon bemerkt, dass in den Krystallen des Zoisits die Ebene der optischen Axen bald der Fläche $b = 010$, bald der Fläche $c = 001$ parallel sei und dass beide Erscheinungen am selben Krystall vorkommen können. Dabei behält aber die erste Mittellinie c immer dieselbe zur Axe *a* parallele Lage. An den durchsichtigen Krystallen aus Tennessee lässt sich die Erscheinung noch genauer verfolgen.

Platten parallel $a = 100$ zeigen im Nörrenberg'schen Polarisationsapparate eine bald mehr, bald weniger gestörte Interferenzfigur. In den letzteren Fällen erkennt man, dass die positive Mittellinie c senkrecht zu *a* sei, der scheinbare Axenwinkel mehr als 90° betrage und die Dispersion $\rho > \upsilon$ sei. Während alle diese Verhältnisse ungeändert bleiben, ist jedoch an verschiedenen Individuen und an den verschiedenen Stellen desselben Krystalles die Ebene der optischen Axen einmal parallel, einmal wieder anscheinend senkrecht zu *b*. Die gestörten Bilder, die an den meisten Stellen des Präparates auftreten und sobald dieses eine grössere Dicke hat, ausnahmslos zu beobachten

sind, haben ungefähr dasselbe Aussehen und Verhalten wie jene bei zwei kreuzweise übereinander gelegten Topasplatten. Beim Drehen des Präparates verschwindet das schwarze Kreuz sehr schnell, und in der Diagonalstellung verwischt sich häufig das Farbenbild gänzlich.

Bei Anwendung von monochromatischem gelbem oder rothem Lichte sieht man in der letzteren Stellung wohl eine Lemniscate, aber keine dunklen Hyperbeln. Der erste Ring erscheint auch in diesem Falle gestört und die ganze Figur sieht wie eine solche bei kleinerem Axenwinkel aus.

Im Schneider'schen Apparate sieht man dieselben Erscheinungen. An Plättchen mit weniger gestörtem Bilde wurde der Axenwinkel in beiden Lagen der Axenebene zu 60° bestimmt, was rücksichtlich des Brechungsquotienten des angewandten Glases $n = 1·5089$ einen scheinbaren Axenwinkel in Luft von 98° ergibt. Descloizeaux fand diesen Winkel an einem amerikanischen Zoisit zu 95°.

Platten, parallel $b = 010$ geben im Schneider'schen Apparate wegen der genannten Störungen kein Bild.

Die beobachteten Erscheinungen lassen vermuthen, dass in den Zoisitkrystallen Zwillings-Lamellen eingeschaltet seien, welche mit dem Hauptindividuum die Krystallaxe a gemein haben, während die b-Axen beider zu einander ungefähr senkrecht sind. Zwillingsebene wäre sonach die Fläche eines Längsdoma, welche gegen die Krystallaxen b und c ungefähr gleich, also unter circa 45° geneigt wäre. In der That berechnen sich für das Doma (031) die Winkel, welche eine Fläche desselben mit den Axen b und c einschliesst, zu 45°49′ und 44°11′.

Die Erklärung der Störungen durch die Annahme eingeschalteter Zwillingslamellen wäre sonach erlaubt, jedoch finden sich an den Krystallen keine Spur einer Zwillingsnaht oder eines einspringenden Winkels in der Lage der Zwillingsebenen. Blos in der Zone des aufrechten Prisma sind einspringende Kanten eine gewöhnliche Erscheinung, und bisweilen zeigen sich, wie in Figur 3 an der Endigung entsprechende Kerbungen. Das Verhalten dünner Platten im parallelen polarisirten Lichte gibt nun hierüber einigen Aufschluss.

Dünnschliffe parallel $a = 100$ und solche parallel $b = 010$ zeigen im Polarisationsmikroskop eine fast einheitliche Auslöschung parallel und senkrecht zur Zone *ab*. Wenn aber das Blättchen von der Dunkelstellung aus gedreht wird, so gewinnt es ein gebändertes Aussehen, indem Streifen, die jener Zone parallel sind, in den abwechselnden Farben erscheinen. Diese Streifen erscheinen in den Blättchen parallel 100 gewöhnlich zahlreicher, in jenen parallel 010 breiter und weniger zahlreich.

Sie haben, wie gesagt, ihre Auslöschungsrichtungen beinahe parallel, es ist jedoch eine geringe Divergenz derselben deutlich zu bemerken. Der Versuch, dieselbe genauer zu bestimmen, gelang, wegen der zu geringen Breite der Streifen des einen Systemes nicht, jedoch wurde so viel erkannt, dass der Unterschied kaum 1° betrage.

Fig. *a*.

Platte, parallel *a*.

Fig. *b*.

Platte, parallel *c*.

Dünnschliffe parallel $c = 001$ geben auch eine fast einheitliche Auslöschung, liefern aber bei der Drehung ein bunteres Farbenbild, als die früher bezeichneten Platten. Es zeigen sich drei verschiedene Farben, indem Streifen, welche parallel den Flächen $m = (110)$ gestreckt sind, den einen Farbenton und Streifen, die nach $l = (140)$ gestreckt sind, einen zweiten Farbenton darbieten, während die Grundmasse in einer dritten hellen Farbe erscheint. Wird nunmehr, einer der beiden Nicols gedreht, so dass die Hauptschnitte beider Nicols einen schiefen Winkel bilden, so erhält auch die Grundmasse, welche früher homogen

aussah, eine feine Zeichnung, deren Liniensysteme zumeist auf die früher genannten Richtungen verweisen.

Diese Beobachtungen zeigen, dass die Zoisitkrystalle aus vielen Individuen aufgebaut sind, welche ihre Auslöschungsrichtungen beinahe genau parallel haben, im Übrigen aber optisch verschieden orientirt sind.

Durch das früher genannte Zwillingsgesetz, würde der Aufbau so erklärt, dass die Individuen zu der Domenfläche 031 symmetrisch liegen, jedoch einander nicht mit dieser Fläche, sondern mit einer Fläche 110 oder 140 berühren. Es wäre dies ähnlich wie bei dem Aufbau der polysynthetisch gebildeten Plagioklaskrystalle, nach dem von G. v. Rath entdeckten Periklingesetze.

Da bei solcher Verwachsung die Flächen $d = 101$ des einen und $t = 130$ des anderen Individuums in dieselbe Zone fallen würden, und da die Winkel $da = 61°2'$ und $ta = 61°43'$ einander nahe stehen, so würden diese Flächen fast zusammenfallen und es ergäbe sich daraus die Deutung, wesshalb äusserlich von der Zwillingsbildung so wenig zu bemerken ist, ferner warum die Winkel in der Zone des aufrechten Prisma, jenen Schwankungen unterliegen, welche sich aus der späteren Zusammenstellung der Messungen ergeben werden. Damit wäre die Lage des Hauptindividuums und der einen Art von supponirten Zwillingslamellen besprochen. Da jedoch die feinen Blättchen in dem Dünnschliffe parallel *c* in drei verschiedenen Farben erscheinen, so würde daraus zu schliessen sein, dass ausser dem Hauptindividuum und der zu 031 symmetrischen Stellung, noch eine dritte existire, welche auch solcher Art wäre, dass die Auslöschungsrichtungen zu jenen des Hauptindividuums nahezu parallel wären. Da jedoch die einzelnen, optisch homogenen Theilchen des Krystalls nicht für sich untersucht werden konnten, so hiesse es in das Gebiet der blossen Vermuthung eintreten, wenn man die Gesetzmässigkeit der letzteren Verwachsung genauer bezeichnen wollte. Es genügt, zu sagen, dass man bei Voraussetzung des rhombischen Systems auf eine fernere Domenfläche 905 als Zwillingsebene gerathen würde, welche zur *c*-Axe unter 45°6′ geneigt wäre, dass aber die erste Mittellinie dieser neuen Stellung eine andere Lage hätte, als im Hauptindividuum, wofür die Beobachtungen keinen Anhalt bieten.

Um die Form des Zoisits der alpinen Gesteine mit jener des nordamerikanischen Minerales vergleichen zu können, wurden viele vergebliche Versuche gemacht, Krystalle mit Endausbildung aufzufinden, bis es gelang, aus einer Stufe von Pregratten in Tirol aus dem Quarz einen kleinen Krystall herauszulesen, der einige Bestimmungen gestattete. Die Form desselben ist ähnlich der in Fig. 4 wiedergegebenen. Die beobachteten Flächen sind $b = (010)$, $t = (130)$ und $o = (111)$. Davon sind die beiden t-Flächen stark gerieft, wodurch eine genauere Messung unmöglich gemacht wird. Bei den Kanten der übrigen Flächen zeigt sich dagegen eine ziemlich gute Übereinstimmung mit den aus dem früher angeführten Axenverhältnisse berechneten Zahlen.

	Berechnet	Beobachtet	
$b'o = 0\bar{1}0 : 111 =$	106° 42′	106° 44′	m.
$b'o' = 0\bar{1}0 : \bar{1}11 =$	106 42	106 38	m.
$t'o' = \bar{1}30 : \bar{1}11 =$	61 47	61 46	m,
$b't = 0\bar{1}0 : 130 =$	151 43	150 46	ca.
$b't' = 0\bar{1}0 : \bar{1}30 =$	151 43	151 10	ca.
$tt' = 130 : \bar{1}30 =$	56 33	57 12	ca.

Andere Krystalle desselben Fundortes zeigen die Prismenzone reicher entwickelt. An diesen wurde eine vollständige Übereinstimmung der Winkel mit jenen am Zoisit von Ducktown erkannt, wie die Zahlen $mm' = 63° 20'$ $mb = 58° 15'$ $mt = 29° 53'$ zeigen.

Diese Krystalle, sowie alle Zoisite der Alpen sind meistens trübe und ziemlich reich an fremden Einschlüssen. Dies hindert eine optische Prüfung ungemein. Es wurde jedoch an durchsichtigen Partikeln die Beobachtung gemacht, dass die Ebene der optischen Axen parallel 010, aber oft auch parallel 001 erscheint, und die Bilder, welche Platten parallel a geben, meistens in der schon angegebenen Weise gestört sind. Der Axenwinkel hat ungefähr dieselbe Grösse wie bei dem amerikanischen Zoisit und die auf $a = 100$ senkrechte erste Mittellinie ist wie dort, positiv, die Dispersion $\rho > \upsilon$. Ebenso verhält sich der Zoisit von der Saualpe in Kärnten.

Nunmehr sollen die Messungen, welche bisher am Zoisit ausgeführt wurden, in Betracht gezogen werden. Sie bestehen

aus den schon früher genannten Resultaten von Miller, Descloizeaux und Brögger. Die folgende Übersicht zeigt den Grad der Übereinstimmung mit den Zahlen, welche nach dem früher angeführten Axenverhältniss

$$a : b : c = 0{\cdot}61963 : 1 : 0{\cdot}34295$$

berechnet sind. Letzteres dürfte den früheren Annahmen bei weitem vorzuziehen sein, da die Messungen an den vollkommenen Flächen der Krystalle von Ducktown die genauesten sind, welche bisher angestellt wurden.

		Berechnet	Beobachtet	
ak	= 100 : 310 =	11° 40′	12° 20′ Dx.	
aq	= 100 : 210 =	17 13	17 40 „	
am	= 100 : 110 =	31 47	32 25 „	
ab	= 100 : 010 =	90 0	89 53 Br.	
kb	= 310 : 010 =	78 20	77 57 Dx.	78° 6′ Br.
qb	= 210 : 010 =	72 47	72 47 „	72 44....
			48 Mi.	73° 5′ Br.
nb	= 530 : 010 =	69 36	69 0 ca. Dx.	68 15 Br.
mb	= 110 : 010 =	58 13	58 20 Dx.	58 1....
			8′ Mi.	58° 17′ Br.
tb	= 130 : 010 =	28 17	28 Dx.	28 7 Br.
lb	= 140 : 010 =	21 58	21 40′ Dx.	21 52 Dx.
eb	= 061 : 010 =	25 55	25 40 Br.	
ex	= 061 : 041 =	10 10	9 54 „	
ub	= 021 : 010 =	55 33	54 40 Dana	
uu′	= 021 : $0\bar{2}1$ =	68 54	68 ca. Dx.	
ee′	= 061 : $0\bar{6}1$ =	128 10	128 38′ Br.	
ep	= 061 : 131 =	27 38	27 38 „	
bz	= 010 : 161 =	29 3	27 52 Mi.	
bo	= 010 : 111 =	73 18	73 19 Dx.	73 27 Br.
mo′	= 110 : $\bar{1}11$ =	104 4	104 25 Mi.	
qo	= 210 : 111 =	58 7	56 30 Brooke	
qo′	= 210 : $\bar{1}11$ =	110 58	111 8 Mi.	
dd′	= 101 : $\bar{1}01$ =	57 56	60 ca. Dx.	
dp	= 101 : 131 =	42 0	42 12′ Br.	
dk	= 101 : 310 =	61 41	61 19 „	

Die Übereinstimmung der Rechnung und Beobachtung ist keine sehr vollkommene, da in den meisten Fällen die Flächenbeschaffenheit einer genauen Messung ungünstig war, doch müssen manche Differenzen, wie die bei dem Winkel *am* auf thatsächliche Schwankungen der Dimensionen zurückgeführt werden. Dana beobachtete auch eine Fläche, die nach der hier gebrauchten Bezeichnung als 463 aufzufassen wäre, doch ist diese Angabe mit der gegebenen Zeichnung nicht in Übereinstimmung. [1]

Die bisher gemessenen Winkel führen demnach auf folgende Flächensymbole:

$a = (100)$ $k = (310)$ $q = (210)$ $n = (530)$ $m = (110)$
$r = (120)$ $t = (130)$ $l = (140)$ $b = (010)$ $e = (061)$
$x = (041)$ $u = (021)$ $d = (101)$ $o = (111)$ $v = (121)$
$p = (131)$ $z = (161)$.

Ausserdem zeigten sich an dem amerikanischen Zoisit noch mehrere theils sehr schmale, theils gekrümmte Flächen sowohl in den Prismenzonen als auch in der Lage von Pyramidenflächen.

Der Zoisit von Ducktown mines lieferte auch ein ausgezeichnetes Material für die chemische Analyse, welche nach den bekannten Methoden im Laboratorium des Herrn Prof. E. Ludwig ausgeführt wurde. Zu diesem Zwecke dienten blos vollkommen klare und durchsichtige Individuen. Letztere wurden in Splitter zerschlagen, deren jeder einzelne unter dem Mikroskope auf seine Reinheit geprüft wurde. Nur solche Partikel, die klar und vollkommen frei von Einschlüssen waren, wurden für die Analyse gesammelt, daher das Resultat in dieser Beziehung ein ganz fehlerfreies zu nennen ist.

Die Bestimmung des Volumgewichtes ergab 3·3669 bei 19°6 C.

I. 0·9781 Grm. Zoisit gaben, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0210 Wasser, 0·3887 Kieselsäure, 0·3214 Thonerde, 0·0168 Eisenoxyd, 0·2390 Kalk, eine sehr kleine Menge Magnesia und Spuren von Mangan.

II. 0·4989 Grm. Zoisit verbrauchten, mit Fluss- und Schwefelsäure aufgeschlossen, 0·6 CC. Chamäleonlösung, deren 1 CC.

---

[1] System of Mineralogy 1874, pag. 290.

= 0·0045768 Grm. Eisen = 0·0058845 Grm. Eisenoxydul, wonach sich berechnen 0·0035307 Grm. Eisenoxydul.

III. 0·8626 Grm. Zoisit gaben, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0182 Wasser, 0·3407 Kieselsäure, 0·2841 Thonerde, 0·0143 Eisenoxyd, 0·2119 Kalk, 0·0034 pyrophosphorsaure Magnesia, entsprechend 0·001225 Magnesia und Spuren von Mangan.

	I	II	III	Mittel
Kieselsäure	39·74	—	39·49	39·61
Thonerde	32·86	—	32·93	32·89
Eisenoxyd	0·94	—	0·88	0·91
Eisenoxydul	—	0·71	—	0·71
Magnesia	—	—	0·14	0·14
Kalk	24·43	—	24·56	24·50
Wasser	2·14	—	2·11	2·12
				100·88

Die Analyse zeigt vollkommene Übereinstimmung mit der Theorie, wie dies folgende Zahlen erkennen lassen, in welchen das Eisenoxyd der vorstehenden Analyse durch die entsprechende Menge von Thonerde ersetzt und letztere der Hauptmenge an Thonerde zugefügt erscheint. Die Rechnung ist nach der bekannten Formel des Zoisits:

$$H_2 Ca_4 Al_6 Si_6 O_{26}$$

durchgeführt.

	Rechnung	Analyse
Kieselsäure	39·52	39·74
Thonerde	33·92	33·58
Eisenoxydul	—	0·71
Magnesia	—	0·14
Kalk	24·59	24·58
Wasser	1·97	2·13
	100	100·88

Diese Untersuchung, welche mit vollkommen reinem Zoisit angestellt und tadellos ausgeführt wurde, bestätigt die genannte Formel des Minerals in unzweifelhafter Weise, da Rechnung und Beobachtung so genau übereinstimmen, als es bei einer Silicat-

analyse überhaupt möglich ist. Es wäre nicht nöthig, dies besonders zu betonen, wenn nicht in der letzten Zeit in einem Aufsatze Laspeyres den Versuch gemacht hätte, die Giltigkeit obiger Formel in Zweifel zu setzen. [1] Da derselbe seine Ansicht in einer längeren Abhandlung mitgetheilt hat und die an jenem Orte angeführten Versuche leicht unrichtig aufgefasst werden könnten, so mögen hier einige Worte bezüglich derselben Platz finden.

Im Eingange der Schrift wird gesagt, dass trotz der mehr als hundert Analysen und trotz der zahlreichen Mittheilungen von bekannten Mineralchemikern die allseitig befriedigende empirische Formel der Minerale, welche die Epidotgruppe bilden, noch nicht gefunden sei und dass der Aufsatz dies beweisen werde. In einem Theile der Schrift, welche vom Zoisit handelt, soll im Besonderen gezeigt werden, dass dieses Mineral eine andere Zusammensetzung habe, als die Mineralogen und die Mineralchemiker in letzter Zeit geglaubt haben. Der Beweis hiefür ist aber ein sehr mangelhafter.

L. verwendet zur Analyse einen unreinen Zoisit von Faltigl in Tirol, der nach der Berechnung des Autors 10·27 pc. fremde Beimengungen enthielt, welche letzteren als Feldspath, Quarz und Hornblende gedeutet werden. Um die Beimengungen von dem Zoisit zu trennen, wird das Mineralpulver wochenlang in Salzsäure gesotten, hierauf das Gelöste, welches als reiner Zoisit betrachtet wird, analysirt. Weil nun die Analyse mit der oben angeführten Formel nicht genau übereinstimmt, wird geschlossen, dass die letztere falsch sein müsse.

Diesem Schlusse liegen hauptsächlich folgende Voraussetzungen zu Grunde:

1. Dass man durch wochenlanges Sieden mit Salzsäure Beimengungen wie Feldspath, Hornblende und dergleichen vom Zoisit trennen könne, ohne dass die ersteren Minerale angegriffen werden.
2. Dass das wochenlange Sieden mit Salzsäure eine analytische Operation sei, die grosses Vertrauen verdient.

---

[1] Zeitschrift f. Krystallographie. Bd. III (1879), pag. 525.

3. Dass die Trennung des von der Salzsäure Gelösten und des Ungelösten fehlerfrei ausgeführt werden könne.
4. Dass die bei der Analyse des gelösten Antheils vom Autor erhaltenen Zahlen, welche bis auf die dritte Decimale ausgerechnet werden, genauer seien als alle bisher von hervorragenden Mineralchemikern mitgetheilten Resultate.
5. Dass die Ergebnisse einer Silicatanalyse, welche vom Autor unter ungünstigen Bedingungen ausgeführt wurde, doch eine genaue Übereinstimmung mit der Theorie beanspruchen dürfen.

Es ist leicht einzusehen, dass alle diese Voraussetzungen unrichtig sind, weil wir aus Erfahrung wissen, dass zwar nicht der Quarz, wohl aber Feldspath, Hornblende etc. durch langes Sieden mit Salzsäure angegriffen werden, dass bei dieser Operation Verunreinigungen kaum zu vermeiden sind, dass die Analyse eines vorzüglichen Analytikers, welche mit vollkommen reinem Material angestellt wurde, Vertrauen verdient, dass aber die beste Silicatanalyse mit der Theorie nicht aufs Genaueste übereinstimmen kann, weil auch die besten Methoden der Silicatanalyse einen solchen Anspruch nicht rechtfertigen, endlich sogar die Atomgewichtszahlen nicht so genau ermittelt sind, dass eine Übereinstimmung in den weiteren Decimalen zu fordern wäre.

Die in jener Abhandlung gegen die Giltigkeit der früher genannten Formel erhobenen Einwürfe, verdienen demnach keine Berücksichtigung. Auch der Eindruck, den manche Stellen derselben machen, als ob durch die mikroskopische Untersuchung nicht alle fremden Beimengungen erkannt werden könnten und als ob es nöthig wäre, in einem als rein erkannten Materiale durch Behandlung mit Säuren fremde Beimengungen zu suchen, entspricht den Thatsachen durchaus nicht, weil die aufmerksame Untersuchung eines durchsichtigen Minerales im gewöhnlichen und im polarisirten Lichte, jede fremde Beimengung erkennen lässt.

Von dem Tiroler Zoisit wurde eine grössere Quantität in Splitter zerschlagen, von welchem die reinsten für die Analyse dienten. Manche derselben zeigten eine Trübung, ohne dass eine grössere Menge fremder Einschlüsse darin zu bemerken war, wie denn das Mineral überhaupt nicht vollkommen durchsichtig ist und auch im Dünnschliffe noch eine schwache Trübung darbietet.

Eine vollständige Reinheit des Materiales liess sich nicht erzielen, vielmehr wurden hie und da feine Körnchen und Schüppchen wahrgenommen, welche bei der mikroskopischen Untersuchung sich als Quarz, als Orthoklas und als Muscovit zu erkennen gaben. Die Menge dieser Minerale erschien jedoch nicht bedeutend und wurde nach den Beobachtungen in mehreren Dünnschliffen auf weniger als 1 pc. geschätzt. Immerhin konnte die Untersuchung nicht beanspruchen, Normalwerthe zu liefern, wie dies bei der Analyse des amerikanischen Vorkommens der Fall war.

Das Volumgewicht wurde bei 21° C. zu 3·3383 bestimmt.

I. 0·8203 Grm. Zoisit gaben, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0199 Wasser, 0·3279 Kieselsäure, 0·2577 Thonerde, 0·0240 Eisenoxyd und 0·1967 Kalk.

II. 0·8480 Grm. Zoisit gaben, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·3358 Kieselsäure 0·2677 Thonerde 0·0243 Eisenoxyd und 0·2040 Kalk.

III. 0·7404 Grm. Zoisit gaben, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0200 Wasser, 0·2938 Kieselsäure 0·2324 Thonerde, 0·0211 Eisenoxyd, 0·1787 Kalk, 0·0026 pyroph. Magnesia.

IV. 1·0636 Grm. des Minerals lieferten, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0293 Wasser, 0·5249 Grm. Zoisit verbrauchten nach Aufschliessung mit Flusssäure und Schwefelsäure 1·6 CC. Chamäleonlösung, deren 1 CC. = 0·0045568 Gr. Eisen = 0·0058587 Gr. Eisenoxydul, wonach sich 0·0093739 Eisenoxydul berechnen.

V. 0·4520 Grm. Zoisit verbrauchten, nach Aufschliessung mit Flusssäure und Schwefelsäure 1·45 CC. Chamäleonlösung von dem vorgenannten Titre, wonach sich 0·008495 Eisenoxydul berechnen.— 0·8050 Grm. des Minerales lieferten, mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen, 0·0208 Wasser.

	I	II	III	IV	V	Mittel
Kieselsäure....	39·97	39·60	39·68	—	—	39·75
Thonerde.....	31·41	31·56	31·39	—	—	31·45
Eisenoxyd	0·89	0·83	0·82	—	—	0·85
Eisenoxydul...	—	—	—	1·78	1·88	1·83
Magnesia.....	—	—	0·13	—	—	0·13
Kalk.........	23·98	24·05	24·13	—	—	24·05
Wasser.......	2·42	—	2·70	2·75	2·59	2·61
						100·67

Wenn an dem Resultate eine Reduction vorgenommen wird, indem statt des Eisenoxydes die entsprechende Menge der Thonerde eingesetzt wird, so lässt sich dasselbe mit den theoretischen Zahlen vergleichen:

	Rechnung	Analyse
Kieselsäure	39·52	39·75
Thonerde	33·92	32·00
Eisenoxydul	—	1·83
Magnesia	—	0·13
Kalk	24·59	24·05
Wasser	1·97	2·61
	100	100·37

Die Übereinstimmung ist namentlich im Thonerdegehalte keine so vollkommene, wie bei der Analyse des amerikanischen Vorkommens, doch war bei dem Tiroler Zoisit von vornherein eine geringe Abweichung zu erwarten. Dieselbe ist aber nicht derart, dass man sie blos von der geringen Beimengung von Quarz, Orthoklas und Muscovit herleiten könnte, vielmehr lässt sich die Differenz im Thonerdegehalt und die etwas grössere Wassermenge auf eine Veränderung des Minerales beziehen, für welche auch die feine Trübung desselben spricht.

Der Zoisit von Polk Cty. Tennessee ist früher schon von Genth analysirt worden.[1] Eine fernere Analyse von Trippel ist unbrauchbar. Ein sehr reiner Zoisit, welcher als Unionit bezeichnet wurde und bei Unionville in Pennsylvanien gefunden wurde, diente Brush zur Untersuchung.[2] Diesen Analysen, welche wegen der grösseren Reinheit des Materiales vor anderen der Vorzug gebührt, soll hier das Resultat der zuvor besprochenen Analyse von Laspeyres angereiht werden. Von den Analysen, welche seinerzeit Rammselsberg mitgetheilt hat,[3] zeigen alle einen etwas zu grossen Gehalt an Kieselsäure an, was von der nie fehlenden Beimengung von Quarz herrührt, zum Theil auch von beigemengten Feldspath. Da diese Analysen mit einander gut übereinstimmen, so kann eine derselben, welche den Zoisit von Goshen Mass.

[1] American Journal of sc. [2] Bd. 33, p. 197.

[2] Ebendas. [2], Bd. 26, p. 69.

[3] Poggendorff's Annalen. Bd. 100, pg. 133.

betrifft, statt aller hier zum Vergleiche dienen. Die Analysen sind sämmtlich in der schon angegebenen Weise bezüglich des Eisenoxydes reducirt.

Da gegen die richtige Methode der Reduction der Analysen häufig gefehlt wird, so mag hier bemerkt werden, dass es nicht gestattet ist, Analysen, welche einen Verlust oder einen Überschuss aufweisen, auf die Summe von 100 umzurechnen, vielmehr ist es geboten, jede Analyse, nachdem in den einzelnen Daten irgend eine Substitution vorgenommen worden, wiederum auf die alte Summe zurückzurechnen. Nur im Falle als die ursprüngliche Summe von 100 sehr wenig abweicht, darf man sich die Umrechnung auf 100 erlauben.

	Berechnet	Polk Cty.	Unionv.	Faltigl	Goshen
Kieselsäure.....	39·52	40·37	40·68	40·08	40·41
Thonerde......	33·92	32·36	33·82	32·96	32·53
Eisenoxydul....	—	0·43[1]	—	0·93	0·49
Kalk..........	24·59	25·32	24·17	23·80	24·12
Wasser........	1·97	0·72	2·22	2·17	2·28
	100	99·20	100·89	99·94	99·83

Die Übereinstimmung mit der Rechnung ist eine beiläufige. In der Analyse von Genth fehlt noch die correcte Wasserbestimmung. Im Übrigen sind die Schwankungen der beobachteten Werthe derart, wie sie bei den gewöhnlichen Analysen jener Silicate vorkommen, die nicht absolut rein erhalten wurden.

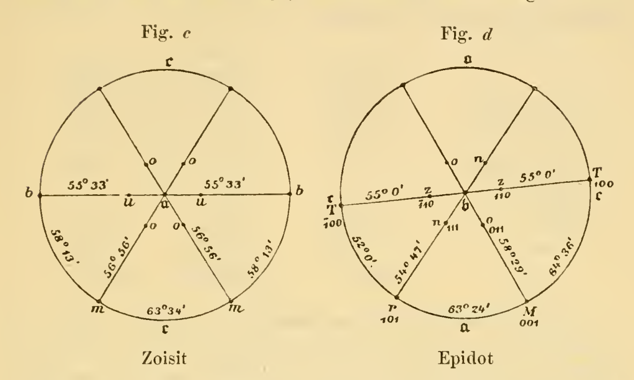
Zum Schlusse mögen noch einige Worte beigefügt werden, welche sich auf die Ähnlichkeit der Minerale Zoisit und Epidot beziehen. Über das Krystallsystem beider ist man gegenwärtig nicht mehr im Zweifel, ebenso wenig darüber, dass beide in der Grundform und in dem optischen Verhalten verschieden sind. Trotzdem existirt eine Ähnlichkeit in den Winkeln, wie dieses aus der Vergleichung der beiden Projectionen, welche die hauptsächlichen Zonen beider Minerale und die Normalenwinkel der typischen Flächen enthalten, sich ergibt.

Der Winkel *mm* ist fast ganz gleich dem Winkel *rM*, ferner sind *om* einerseits und *nr*, *oM* anderseits nicht sehr verschieden.

---

[1] Manganoxydul und Kupferoxyd zusammen. Letzteres rührt wohl von beigemengtem Kupferkies her.

Auch *ub* am Zoisit nähert sich *zT* am Epidot, aber die letztere Zone hat eine andere Lage, der Unterschied beträgt 6°. Der



Zoisit Epidot

Zoisit hat nur eine Spaltbarkeit parallel *b*, der Epidot zwei, nach *M* und *T*. Die optische Orientirung beider ist auch verschieden. Die Ähnlichkeit zeigt sich also blos in drei Winkeln und der Vergleich zeigt, dass der Unterschied beider Krystalltypen so gross ist, dass man auch bei Annahme einer complicirten Zwillingsbildung die Form des Zoisits nicht aus der des Epidot herleiten kann, abgesehen von der Unvereinbarkeit der optischen Verhältnisse.

In chemischer Beziehung zeigt sich, wie dies Rammelsberg schon vor langer Zeit ersichtlich gemacht hat, eine grosse Ähnlichkeit beider Minerale, indem beide auf dieselbe Formel führen, sobald man sich das Eisenoxyd durch die äquivalente Menge Thonerde ersetzt denkt. Letzteres ist wegen der durch unzählige Beispiele bewiesenen Isomorphie der Eisenoxyd- und Thonerdeverbindungen erlaubt. [1] Wird nun die Analyse, welche E. Ludwig 1872 an einem vollständig reinen Exemplar des Epidots von Untersulzbach mit grösster Sorgfalt ausgeführt hat, [2] in diesem

---

[1] Es kommt noch immer vor, dass von einzelnen Autoren die Isomorphie von solchen Verbindungen angenommen wird, deren gleiche Krystallisation unbewiesen, oder längst widerlegt ist, z. B. von $Fe_2\ O_3$- und den entsprechenden $Fe\ O$-Verbindungen.

[2] Zeitschr. d. deut. geol. Ges. Bd. 24, p. 465 und Tschermak, Mineralog. Mittheil. 1872. p. 189. Diese Analyse erscheint in der cit. Ab-

Sinne reducirt, und der früher von uns mitgetheilten, ebenso reducirten Analyse des Zoisits von Ducktown mines gegenübergestellt, so ergibt sich Folgendes:

	Berechnet	Zoisit Duckt.	Epidot U. Sulzb.
Kieselsäure	39·52	39·74	39·80
Thonerde	33·92	33·58	33·31
Eisenoxydul	—	0·71	0·98
Magnesia	—	0·14	—
Kalk	24·59	24·58	24·48
Wasser	1·97	2·13	2·16
	100	100·88	100·73

Die vollkommene Übereinstimmung der Zahlen zeigt, dass es richtig sei, anzunehmen, dass der Epidot in seiner Zusammensetzung derselben Formel folgt wie der Zoisit, dass aber im Epidot eine Verbindung enthalten sei, in welcher die Thonerde ganz oder theilweise durch Eisenoxyd ersetzt ist. Der Eine von uns hat schon im Jahre 1864 die Formeln beider Minerale in folgender Weise angegeben:[1]

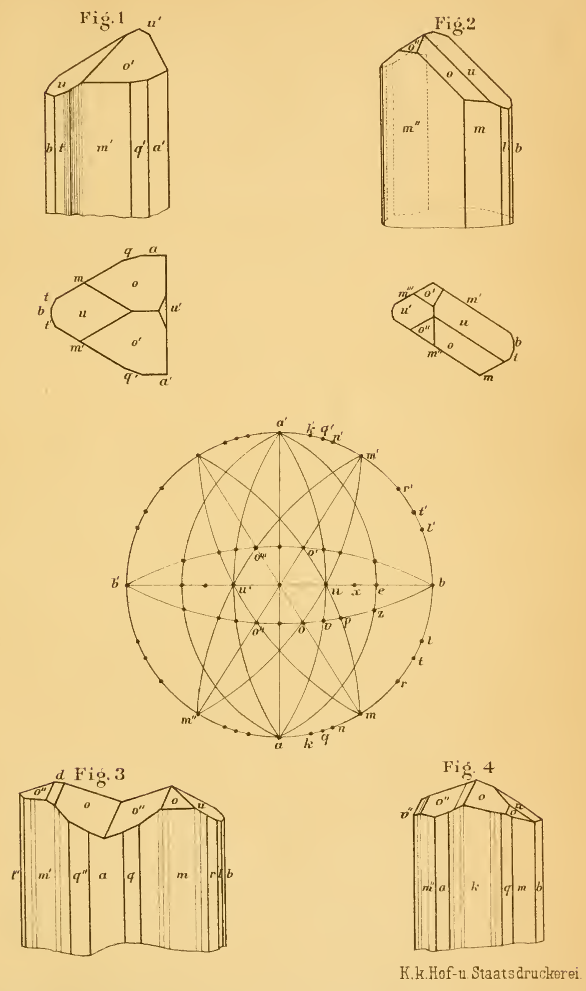
Zoisit . . . $H_2 Ca_4 Al_2 Al_4 Si_6 O_{26}$
Epidot . . $H_2 Ca_4 Fe_2 Al_4 Si_6 O_{26}$

und bemerkt, dass hier ein ungewöhnlicher Fall vorliege, da eine Eisenoxyd- und eine Thonerdeverbindung von ganz entsprechender Zusammensetzung nicht isomorph seien.

Es scheint in der That, dass die beiden Formeln sich vollkommen bestätigen, da nicht nur der Zoisit die hier angeführte Zusammensetzung hat, sondern auch der Eisengehalt der Epidote sich ziemlich genau innerhalb der durch die Formel angedeuteten Grenze hält. Dieselbe verlangt nämlich 16·53 pc. Eisenoxyd, welcher Betrag auch von den eisenreichsten Varietäten, für

handlung von Laspeyres ganz entstellt, indem statt der von Ludwig angegebenen Summe die Zahl 101·73 eingesetzt und hierauf, was niemals erlaubt ist, die Analyse auf die Summe von 100 umgerechnet wurde.

[1] Chem. mineralog. Studien. Die Feldspathgruppe. Sitzber. d. Wiener Akad. Bd. L, pag. 566. Später (1871) hat Kenngott die gleiche Formel berechnet.



K.k. Hof-u. Staatsdruckerei.

welche die Analysen 17 pc. ergeben, um sehr Weniges überschritten wird.

Gibt nun die erste Formel die Zusammensetzung einer Molekel Zoisit an und wird dieselbe abkürzungsweise durch Z ausgedrückt, während für die zweite dem entsprechend die Bezeichnung E gewählt wird, so kann man mit Rücksicht darauf, dass der Eisengehalt der Zoisite den bisherigen Analysen gemäss, im höchsten Falle sich bis 6 pc. Eisenoxyd erhebt, während die Formel Z_2E den Betrag von 5·74 pc. erfordert, sagen: Der Zoisit und der Epidot sind isomorphe Mischungen von Z und E. Die Mischungen, welche sich innerhalb der Grenzen $Z \ldots Z_2E$ halten, krystallisiren rhombisch, während solche die in den Grenzen $Z_2E \ldots E$ enthalten sind, monoklin krystallisiren. Die beiden Silicate Z und E wären sonach isodimorph.

Der zuletzt analysirte Zoisit von Ducktown mines würde der Mischung $Z_{18}E$ und der 1872 von E. Ludwig untersuchte Epidot von Untersulzbach der Mischung ZE_6 entsprechen, wie die folgenden Zahlen erkennen lassen:

	$Z_{18}E$	Z. Duck.	ZE_6	E. Sulzb.
Kieselsäure	39·39	39·61	37·51	37·83
Thonerde	33·21	32·89	22·99	22·63
Eisenoxyd	0·92	0·91	14·29	14·02
Eisenoxydul	—	0·71	—	0·93
Magnesia	—	0·14	—	—
Kalk	24·51	24·50	23·34	23·27
Wasser	1·97	2·12	1·87	2·05
	100	100·88	100	100·73

Welche Rolle die geringen Mengen von Eisenoxydul in diesen Mineralen spielen, kann erst durch fernere Untersuchungen beantwortet werden.